

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Definisi Ergonomi

Ergonomi berasal dari kata Yunani yaitu *Ergo*, yang berarti kerja, dan *Nomos* yang berarti hukum. Dengan demikian ergonomi dimaksudkan sebagai disiplin keilmuan yang mempelajari manusia dalam kaitannya dengan pekerjaannya (Wignjosoebroto, 2000). Menurut Sitalaksana, 1979. Ergonomi merupakan suatu cabang ilmu yang sistematis untuk memanfaatkan informasi-informasi mengenai sifat, kemampuan dan keterbatasan manusia untuk merancang suatu sistem kerja, sehingga dapat hidup dan bekerja dengan baik yang akhirnya akan mencapai tujuan yang diinginkan melalui pekerjaan tersebut dengan efektif, aman, dan nyaman. Hal ini lebih dikenal dengan konsep ENASE (Efektif, Nyaman, Aman, Sehat, dan Efektif)

Manusia dengan segala sifat dan tingkah lakunya merupakan makhluk yang sangat kompleks. Untuk mempelajari manusia, tidak cukup ditinjau dari segi ilmu saja. Oleh sebab itulah untuk mengembangkan Ergonomi diperlukan dukungan dari berbagai disiplin ilmu antara lain, Psikologi, Antropologi, Faal kerja, Biologi, Sosiologi, Perencanaan Kerja, Fisika dan lain-lain. Masing-masing disiplin tersebut berfungsi sebagai pemberi informasi. Pada gilirannya perancang dalam hal ini para ahli teknik, bertugas untuk meramu masing-masing informasi diatas, dan menggunakan sebagai pengetahuan untuk merancang fasilitas sedemikian rupa sehingga mencapai kegunaan yang optimal (Sitalaksana, 1979).

Penyelidikan dilakukan terhadap manusia, lingkungan, mesin, peralatan dan bahan baku yang saling berinteraksi, sehingga perlu pemahaman tentang manusia. Untuk dapat menghasilkan rancangan sistem kerja yang baik perlu dikenal sifat-sifat, keterbatasan, serta kemampuan yang dimiliki oleh manusia. Ilmu yang mempelajari manusia beserta prilakunya didalam sistem kerja disebut ergonomi (Sitalaksana, 1979).

2.2 Postur Kerja

Pertimbangan-pertimbangan ergonomi yang berkaitan dengan postur kerja dapat membantu mendapatkan postur kerja yang nyaman bagi pekerja, baik itu

postur kerja berdiri, duduk, angkat maupun angkut. Beberapa jenis pekerjaan akan memerlukan postur kerja tertentu yang terkadang tidak menyenangkan. Kondisi kerja seperti ini memaksa pekerja selalu berada pada postur kerja yang tidak alami dan berlangsung dalam jangka waktu yang lama. Hal ini akan mengakibatkan pekerja cepat lelah, adanya keluhan sakit pada bagian tubuh, cacat produk bahkan cacat tubuh. Untuk menghindari postur kerja yang demikian, pertimbangan-pertimbangan ergonomis antara lain menyarankan hal sebagai berikut (Santoso, 2004)

1. Mengurangi keharusan pekerja untuk bekerja dengan postur kerja yang membungkuk dengan frekuensi kegiatan yang sering dalam jangka waktu yang lama. Untuk mengatasi hal ini, maka stasiun kerja harus dirancang terutama sekali dengan memperhatikan fasilitas kerja sesuai dengan data antropometri agar pekerja dapat menjaga postur kerjanya tetap tegak dan normal. Ketentuan ini terutama sekali ditekankan bilamana pekerjaan harus dilaksanakan dengan postur berdiri
2. Pekerja tidak seharusnya menggunakan jarak jangkauan maksimum. Pengaturan postur kerja dalam hal ini akan dilakukan dalam jarak jangkauan normal (konsep/prinsip ekonomi gerakan). Disamping itu pengaturan ini bisa memberi postur kerja yang nyaman. Untuk hal-hal tertentu pekerja harus mampu dan cukup leluasa mengatur tubuhnya agar memperoleh postur kerja yang lebih leluasa dalam bergerak.

2.3 Pemindahan Material Secara Manual

Pemindahan material secara manual dapat menyebabkan nyeri punggung (*back injury*). Sementara itu, faktor yang berpengaruh terhadap timbulnya nyeri punggung (*back injury*) adalah arah beban yang akan diangkat dan frekuensi aktivitas pemindahan. Nyeri punggung yang diakibatkan dari pengaruh pemindahan beban juga banyak terdapat pada aktivitas rumah tangga dan aktivitas rekreasi atau santai (*leisure*). Untuk mengatasi nyeri punggung dan cedera lainnya, maka diharapkan pada operator untuk memperhatikan beberapa parameter sebagai berikut (Nurmianto, 1996) :

1. Beban yang harus diangkat

2. Perbandingan antara berat beban dan berat operator
3. Jarak horizontal dari beban terhadap orangnya
4. Ukuran beban yang akan diangkat (beban yang berdimensi besar akan mempunyai jarak CG (*center of gravity*) yang lebih jauh dari tubuh, dan bisa mengganggu jarak pandangnya

2.31 Faktor Resiko

Beberapa faktor yang mempengaruhi dalam pemindahan material adalah sebagai berikut (Nurmianto, 1996) :

1. Berat badan yang harus diangkat dan perbandingannya terhadap berat badan operator
2. Jarak horizontal dari beban relatif terhadap operator
3. Ukuran beban yang harus diangkat (beban yang berukuran besar) akan memiliki pusat masa (*center of gravity*) yang letaknya jauh dari beban operator, hal tersebut juga akan menghalangi pandangan (*vision*) operator
4. Ketinggian beban yang harus diangkat dan jarak perpindahan beban (mengangkat beban dari permukaan lantai akan relatif lebih sulit dari pada mengangkat beban dari permukaan pinggang)
5. Beban puntir (*twisting load*) pada beban operator selama aktivitas angkat beban
6. Prediksi terhadap berat beban yang akan diangkat. Hal ini adalah untuk mengantisipasi beban yang lebih berat dibandingkan yang diperkirakan
7. Stabilitas beban yang akan diangkat
8. Kemudahan untuk dijangkau oleh pekerja
9. Berbagai macam rintangan yang menghalangi ataupun keterbatasan postur tubuh yang berada pada suatu tempat kerja
10. Kondisi kerja yang meliputi pencahayaan, temperatur, kebisingan dan kelicinan lantai
11. Frekuensi angkat yaitu banyaknya aktifitas angkat
12. Metode angkat yang benar (tidak boleh mengangkut beban secara tiba-tiba)
13. Tidak terkoordinasinya kelompok kerja (*lifting team*)

14. Diangkatnya suatu beban dalam suatu periode. Hal ini adalah sama dengan membawa beban pada jarak tertentu dan memberi tambahan beban pada *verbal disc (VD)* dan *Interverbal disc (ID)* pada *column* di daerah punggung

Kebutuhan untuk mengangkat secara manual (tanpa alat) haruslah benar-benar diteliti secara ergonomis. Penelitian ini akan mengakibatkan adanya standarisasi dalam aktivitas angkat manusia. Standar kemampuan angkat tersebut tidak hanya meliputi arah beban, akan tetapi berisi pula tentang ketinggian dan jarak operator terhadap beban yang akan diangkat. Akhirnya, pelatihan dalam mengangkat beban dan metode angkat terbaik haruslah diimplementasikan (Nurmianto, 1996).

2.3.2 Penyelesaian untuk Pemindahan Material Secara Teknis

Beberapa penyelesaian secara teknis untuk pemindahan material secara manual adalah sebagai berikut (Nurmianto, 1996):

1. Pemindahan beban yang berat dari mesin ke mesin yang telah dirancang menggunakan *roller* (ban berjalan)
2. Gunakan meja yang dapat digerakkan naik-turun untuk menjaga agar bagian permukaan dari meja kerja dapat langsung dipakai untuk memasukkan lembaran logam ataupun benda kerja lainnya kedalam mesin
3. Tempatkan benda kerja yang besar pada permukaan yang lebih tinggi dan turunkan dengan bantuan gaya gravitasi
4. Berikan peralatan yang dapat mengangkat, misalnya pada ujung belakang truk untuk memudahkan pengangkatan material, dengan demikian tidak diperlukan lagi alat angkat (*crane*)
5. Rancanglah *Overhead Monorail* dan *Hoist* diutamakan yang menggunakan *power* (tenaga) baik untuk gerakan *vertical* maupun *horizontal*
6. Rancanglah *Hoist* atau *Fork-truck* yang dikelilingi pada permukaan lantai, diutamakan yang menggunakan *power*.
7. Desainlah kotak (tempat benda kerja) dengan disertai handel yang ergonomis sehingga mudah pada waktu mengangkat

8. Aturlah peletakan fasilitas sehingga semakin memudahkan metodologi angkat benda pada ketinggian permukaan pinggang
9. Berilah tanda atau angka pada beban sesuai beratnya
10. Siapkan *trolley* dan pengungkit (*lever*) untuk mengangkat ujung dari drum (dengan volume 200 liter)
11. Bebaskan area kerja dari gerakan dan sesuatu yang dapat membuat licin sehingga akan membahayakan operator pada saat perjalanan memindahkan material.
12. Buatlah suatu ruang kerja yang cukup untuk gerakan dinamis bebas operator
13. Tempatkan semua material sedekat mungkin terhadap operator

2.3.3 Batasan Beban yang Boleh Diangkut

Pendekatan terhadap batasan dari massa beban yang akan diangkut meliputi (Nurmianto, 1996) :

1. Batasan legal (*legal limitations*)
2. Batasan biomekanika (*biomechanical limitations*)
3. Batasan Fisiologi (*physiological limitations*)
4. Batasan Psiko-fisik (*pycho-physical limitations*)

Penjelasan dari beberapa pendekatan diatas diantaranya adalah mengenai batasan angkat secara legal. Dalam rangka untuk menciptakan suasana kerja yang aman dan sehat maka perlu adanya suatu batasan angkat untuk operator. Pada bagian ini akan dijelaskan beberapa batasan angkat secara legal dari berbagai Negara bagian benua Australia yang digunakan untuk pabrik dan sistem bisnis manufaktur lainnya. Batasan angkat ini dipakai sebagai batasan angkat secara internasional. Adapun variabelnya adalah sebagai berikut (Nurmianto, 1996) :

- a. Pria dibawah usia 16 tahun maksimum angkat adalah 14 kilogram
- b. Pria usia diantara 16 tahun dan 18 tahun, maksimum angkat adalah 18 kilogram
- c. Pria usia lebih dari 18 tahun, tidak ada batasan angkat
- d. Wanita usia antara 16 tahun sampai 18 tahun, maksimum angkat adalah 11 kilogram

- e. Wanita usia lebih dari 18 tahun, maksimum angkat adalah 16 kilogram.

Batasan-batasan angkat ini dapat membantu untuk mengurangi rasa nyeri, ngilu pada tulang belakang bagi para wanita (*back injuries incidence to women*). Batasan angkat ini akan mengurangi ketidaknyamanan kerja pada tulang belakang, terutama bagi operator untuk pekerja berat.

2.4 Metode Penilaian Postur Tubuh RULA (*Rapid Upper Limb Assessment*)

Penilaian postur kerja diperlukan ketika didapati bahwa postur kerja pekerja memiliki risiko menimbulkan *musculoskeletal disorder* yang diketahui secara visual atau melalui keluhan dari pekerja itu sendiri. Dengan adanya penilaian dan analisis perbaikan postur kerja, diharapkan dapat diterapkan untuk mengurangi atau menghilangkan resiko cedera *musculoskeletal* yang dialami pekerja (Ariani, 2010).

Rapid Upper Limb Assessment (RULA) merupakan suatu metode penelitian untuk menginvestigasi gangguan pada anggota badan. Metode ini dirancang oleh Lynn Mc Atamney dan Nigel Corlett (1993) yang menyediakan sebuah perhitungan tingkatan beban *musculoskeletal* di dalam sebuah pekerjaan yang memiliki resiko pada bagian tubuh dari perut hingga leher atau anggota badan lainnya (Ariani, 2010).

Metode ini tidak membutuhkan peralatan spesial dalam penetapan penilaian postur leher, punggung, dan lengan atas. Setiap pergerakan di beri skor yang telah ditetapkan. RULA dikembangkan sebagai suatu metode untuk mendeteksi postur kerja yang merupakan faktor resiko. Metode didesain untuk menilai para pekerja dan mengetahui beban *musculoskeletal* yang kemungkinan menimbulkan gangguan pada anggota badan atas (Ariani, 2010).

Metode ini menggunakan diagram dari postur tubuh dan tiga tabel skor dalam menetapkan evaluasi faktor resiko. Faktor resiko yang telah diinvestigasi dijelaskan oleh Mc Phee sebagai faktor beban eksternal yaitu (Ariani, 2010):

1. Jumlah pergerakan
2. Kerja otot statik
3. Tenaga atau kekuatan

4. Penentuan postur kerja oleh peralatan
5. Waktu kerja tanpa istirahat

Dalam usaha untuk penilaian 4 faktor beban eksternal (jumlah gerakan, kerja otot statis, tenaga kekuatan dan postur), RULA dikembangkan untuk (Mc Atamney dan Corlett, 1993):

1. Memberikan sebuah metode penyaringan suatu populasi kerja dengan cepat, yang berhubungan dengan kerja yang beresiko yang menyebabkan gangguan pada anggota badan bagian atas.
2. Mengidentifikasi usaha otot yang berhubungan dengan postur kerja penggunaan tenaga dan kerja yang berulang-ulang yang dapat menimbulkan kelelahan otot.
3. Memberikan hasil yang dapat digabungkan dengan sebuah metode penilaian ergonomi yaitu *epidemiologi*, fisik, mental, lingkungan dan faktor organisasi.

Pengembangan metode RULA (*Rapid Upper Limb Assessment*) ini terdiri atas tiga tahapan yaitu:

1. Mengidentifikasi postur kerja.
2. Sistem pemberian skor.
3. Skala level tindakan yang menyediakan sebuah pedoman pada tingkat resiko yang ada dan dibutuhkan untuk mendorong penilaian yang melebihi detail berkaitan dengan analisis yang didapat.

Ada empat hal yang menjadi aplikasi utama dari metode RULA (*Rapid Upper Limb Assessment*), yaitu:

1. Mengukur resiko *musculoskeletal*, biasanya sebagai bagian dari perbaikan yang lebih luas dari ergonomi.
2. Membandingkan beban *musculoskeletal* antara rancangan stasiun kerja yang sekarang dengan yang telah dimodifikasi.
3. Mengevaluasi keluaran misalnya produktivitas atau kesesuaian penggunaan peralatan.
4. Melatih pekerja tentang beban *musculoskeletal* yang diakibatkan perbedaan postur kerja.

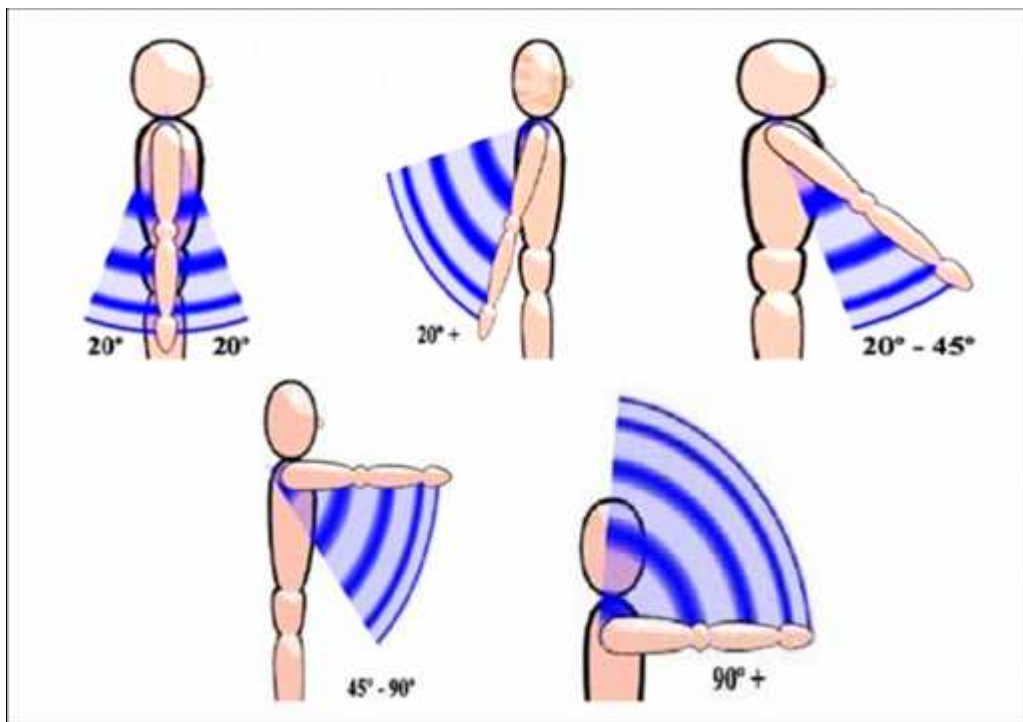
Dalam mempermudah penilaian postur tubuh, maka tubuh dibagi atas 2 segmen grup yaitu grup A dan grup B.

2.4.1 Penilaian Postur Tubuh Grup A

Postur tubuh grup A terdiri atas lengan atas (*upper arm*), lengan bawah (*lower arm*), pergelangan tangan (*wrist*) dan putaran pergelangan tangan (*wrist twist*).

2.4.1.1 Lengan atas (*upper arm*)

Penilaian terhadap lengan atas (*upper arm*) adalah penilaian yang dilakukan terhadap sudut yang dibentuk lengan atas pada saat melakukan aktivitas kerja. Sudut yang dibentuk oleh lengan atas diukur menurut posisi batang tubuh. Adapun postur lengan atas (*upper arm*) dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 2.1 Postur Tubuh Bagian Lengan Atas (*Upper Arm*)

Sumber : Jurnal Farida Ariani, *Analisa Postur Kerja dalam Sistem Manusia Mesin untuk Mengurangi Fatigue Akibat Kerja pada Bagian Air Traffic Control (ATC) di PT. Angkasa Pura II Polonia Medan.*

Adapun skor penilaian untuk bagian lengan atas (*upper arm*) dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2.1 Skor Bagian Lengan Atas (*Upper Arm*)

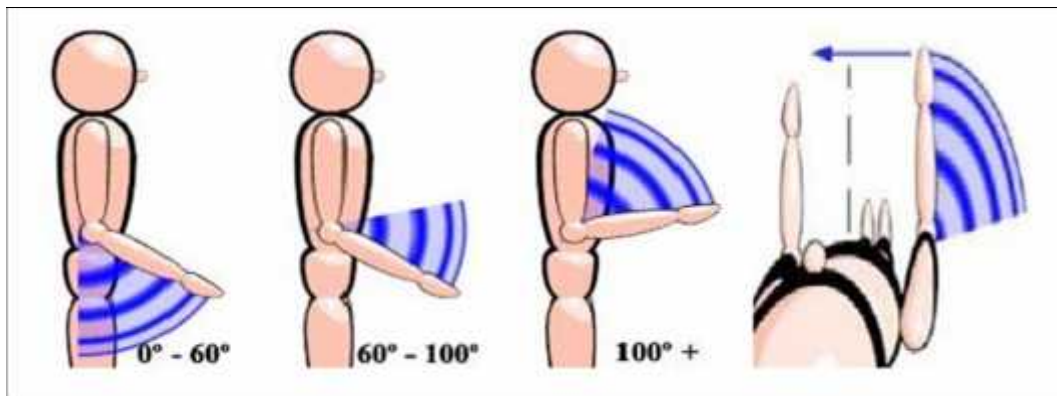
Pergerakan	Skor	Skor Perubahan
20 ⁰ (kedepan maupun ke belakang dari tubuh)	1	+1 jika bahu naik. +1 jika lengan berputar / bengkok.
>20 ⁰ (kebelakang) atau 20 ⁰ - 45 ⁰	2	
45 ⁰ -90 ⁰	3	
>90 ⁰	4	

Sumber : Jurnal Farida Ariani, *Analisa Postur Kerja dalam Sistem Manusia Mesin untuk Mengurangi Fatigue Akibat Kerja pada Bagian Air Traffic Control (ATC) di PT. Angkasa Pura II Polonia Medan*

2.4.1.2 Lengan Bawah (*lower arm*)

Penilaian terhadap lengan bawah (*lower arm*) adalah penilaian yang dilakukan terhadap sudut yang dibentuk lengan bawah pada saat melakukan aktivitas kerja. Sudut yang dibentuk oleh lengan bawah diukur menurut posisi batang tubuh.

Adapun postur lengan bawah (*lower arm*) dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 2.2 Postur Tubuh Bagian Lengan Bawah (*Lower Arm*)

Sumber : Jurnal Farida Ariani, *Analisa Postur Kerja dalam Sistem Manusia Mesin untuk Mengurangi Fatigue Akibat Kerja pada Bagian Air Traffic Control (ATC) di PT. Angkasa Pura II Polonia Medan*

Skor penilaian untuk bagian lengan bawah (*lower arm*) dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2.2 Skor Lengan Bawah (*lower arm*)

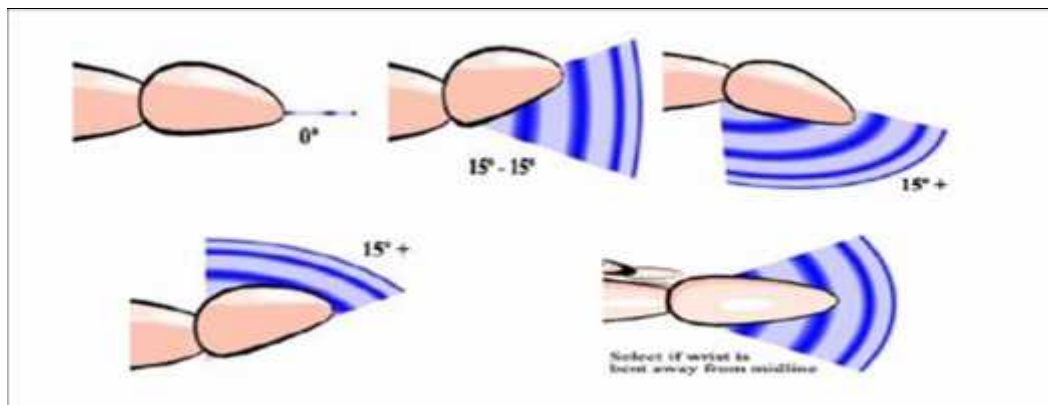
Pergerakan	skor	Skor Perubahan
0^0 - 60^0	1	jika lengan bawah bekerja melewati garis tengah atau keluar dari sisi tubuh = +1
60^0 - 100^0 atau $>100^0$	2	

Sumber : Jurnal Farida Ariani, *Analisa Postur Kerja dalam Sistem Manusia Mesin untuk Mengurangi Fatigue Akibat Kerja pada Bagian Air Traffic Control (ATC) di PT. Angkasa Pura II Polonia Medan*

2.4.1.3 Pergelangan Tangan (*wrist*)

Penilaian terhadap pergelangan tangan (*wrist*) adalah penilaian yang dilakukan terhadap sudut yang dibentuk oleh pergelangan tangan pada saat melakukan aktivitas kerja. Sudut yang dibentuk oleh pergelangan tangan diukur menurut posisi lengan bawah.

Adapun postur pergelangan tangan (*wrist*) dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 2.3 Postur Tubuh Pergelangan Tangan (*wrist*)

Sumber : Jurnal Farida Ariani, *Analisa Postur Kerja dalam Sistem Manusia Mesin untuk Mengurangi Fatigue Akibat Kerja pada Bagian Air Traffic Control (ATC) di PT. Angkasa Pura II Polonia Medan*

Skor penilaian untuk bagian lengan atas (*upper arm*) dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2.3. Skor Pergelangan Tangan (*wrist*)

Pergerakan	Skor	Skor Perubahan
Posisi Netral	1	+1 jika pergelangan tangan putaran menjauhi sisi tengah
0^0 - 15^0 (keatas maupun kebawah)	2	
$>15^0$ (keatas maupun kebawah)	3	

Sumber : Farida Ariani, *Analisa Postur Kerja dalam Sistem Manusia Mesin untuk Mengurangi Fatigue Akibat Kerja pada Bagian Air Traffic Control (ATC) di PT. Angkasa Pura II Polonia Medan*

2.4.1.4 Putaran Pergelangan Tangan (*Wrist Twist*)

Adapun postur putaran pergelangan tangan (*wrist twist*) dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 2.4. Postur Tubuh Putaran Pergelangan Tangan (*wrist twist*)

Sumber : Jurnal Farida Ariani, *Analisa Postur Kerja dalam Sistem Manusia Mesin untuk Mengurangi Fatigue Akibat Kerja pada Bagian Air Traffic Control (ATC) di PT. Angkasa Pura II Polonia Medan*

Untuk putaran pergelangan tangan (*wrist twist*) postur netral diberi skor sebagai berikut (Mc Atamney dan Corlett, 1993):

Tabel 2.4. Skor Putaran Pergelangan Tangan (*wrist*)

Pergerakan	Skor
0^0 - 5^0 posisi tengah dari putaran	1
$>5^0$ posisi pada atau dekat putaran	2

Sumber : Farida Ariani, *Analisa Postur Kerja dalam Sistem Manusia Mesin untuk Mengurangi Fatigue Akibat Kerja pada Bagian Air Traffic Control (ATC) di PT. Angkasa Pura II Polonia Medan*

Nilai dari postur tubuh lengan atas, lengan bawah, pergelangan tangan dan putaran pergelangan tangan dimasukkan ke dalam tabel postur tubuh grup A untuk memperoleh skor seperti terlihat pada tabel berikut:

Tabel 2.5. Skor Grup A

<i>Upper Arm</i>	<i>Lower Arm</i>	<i>Wrist</i>							
		1		2		3		4	
		<i>Wrist</i>	<i>Twist</i>	<i>Wrist</i>	<i>Twist</i>	<i>Wrist</i>	<i>Twist</i>	<i>Wrist</i>	<i>Twist</i>
		1	2	1	2	1	2	1	2
1	1	1	2	2	2	2	3	3	3
	2	2	2	2	2	3	3	3	3
	3	2	3	2	3	3	3	4	4
2	1	2	2	2	3	3	3	4	4
	2	2	2	2	3	3	3	4	4
	3	2	3	3	3	3	4	4	5
3	1	2	3	3	3	4	4	5	5
	2	2	3	3	3	4	4	5	5
	3	2	3	3	4	4	4	5	5
4	1	3	4	4	4	4	4	5	5
	2	3	4	4	4	4	4	5	5
	3	3	4	4	5	5	5	6	6
5	1	5	5	5	5	5	6	6	7
	2	5	6	6	6	6	7	7	7
	3	6	6	6	7	7	7	7	8
6	1	7	7	7	7	7	8	8	9
	2	7	8	8	8	8	9	9	9
	3	9	9	9	9	9	9	9	9

Sumber : Jurnal Farida Ariani, *Analisa Postur Kerja dalam Sistem Manusia Mesin untuk Mengurangi Fatigue Akibat Kerja pada Bagian Air Traffic Control (ATC) di PT. Angkasa Pura II Polonia Medan*

2.4.1.5 Penambahan Skor Aktivitas

Setelah diperoleh hasil skor untuk postur tubuh grup A pada Tabel 2.4, maka hasil skor tersebut ditambahkan dengan skor aktivitas.

Penambahan skor aktivitas tersebut berdasarkan kategori yang dapat

dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2.6 Skor Aktivitas

	Skor	Keterangan
Postur statik	+1	satu atau lebih bagian tubuh statis atau diam
Pengulangan	+1	Tindakan dilakukan berulang-ulang lebih dari 4 kali per menit

Sumber : Jurnal Farida Ariani, *Analisa Postur Kerja dalam Sistem Manusia Mesin untuk Mengurangi Fatigue Akibat Kerja pada Bagian Air Traffic Control (ATC) di PT. Angkasa Pura II Polonia Medan*

2.4.1.6 Penambahan Skor Beban

Setelah diperoleh hasil penambahan dengan skor aktivitas untuk postur tubuh grup A pada Tabel 2.6, maka hasil skor tersebut ditambahkan dengan skor beban. Penambahan skor beban tersebut berdasarkan kategori yang dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 2.7 Skor Beban

Beban	Skor	Keterangan
< 2 Kg	0	-
2 Kg - 10 Kg	1	+1 Jika postur statis dan dilakukan berulang-ulang
> 10 Kg	3	-

Sumber : Jurnal Farida Ariani, *Analisa Postur Kerja dalam Sistem Manusia Mesin untuk Mengurangi Fatigue Akibat Kerja pada Bagian Air Traffic Control (ATC) di PT. Angkasa Pura II Polonia Medan*

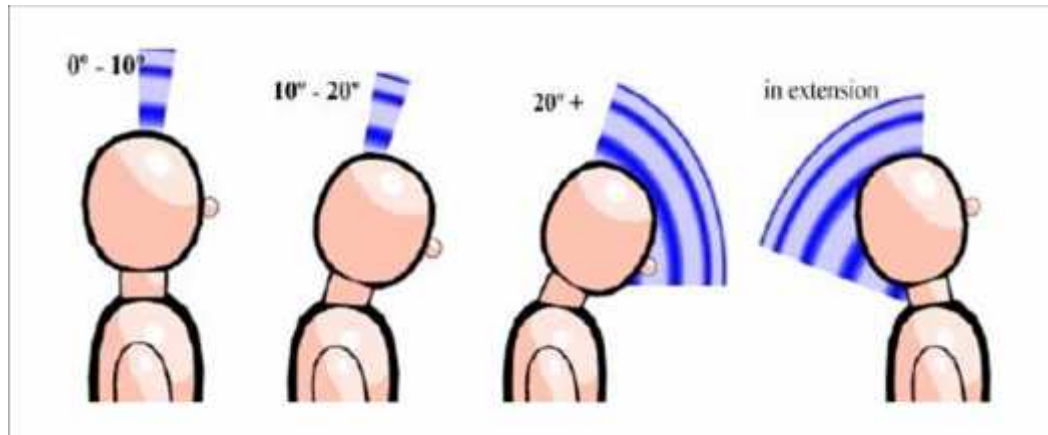
2.4.2 Penilaian Postur Tubuh Grup B

Postur tubuh grup B terdiri atas leher (*neck*), batang tubuh (*trunk*), dan kaki (*legs*).

2.4.2.1 Leher (*neck*)

Penilaian terhadap leher (*neck*) adalah penilaian yang dilakukan terhadap posisi leher pada saat melakukan aktivitas kerja apakah operator harus melakukan kegiatan *ekstensi* atau *fleksi* dengan sudut tertentu.

Adapun postur leher dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 2.5 Postur tubuh bagian leher (*neck*)

Sumber : Jurnal Farida Ariani, *Analisa Postur Kerja dalam Sistem Manusia Mesin untuk Mengurangi Fatigue Akibat Kerja pada Bagian Air Traffic Control (ATC) di PT. Angkasa Pura II Polonia Medan*

Skor penilaian untuk leher (*neck*) dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2.8 Skor Bagian Leher (*neck*)

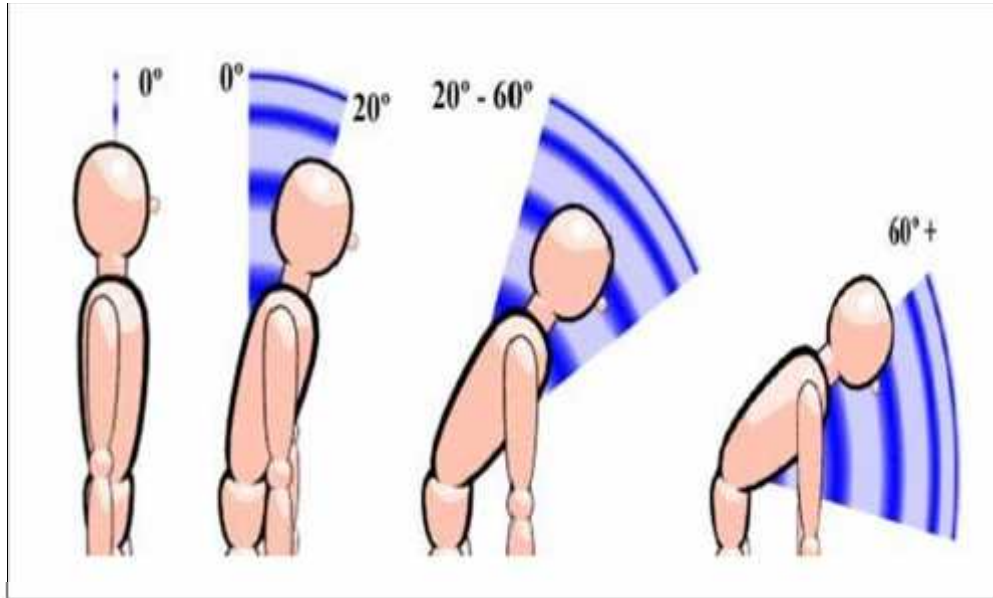
Pergerakan	Skor	Skor Perubahan
$0^0 - 10^0$	1	+1 Jika leher berputar / bengkok +1 batang tubuh bengkok
$10^0 - 20^0$	2	
$> 20^0$	3	
Ekstensi	4	

Sumber : Jurnal Farida Ariani, *Analisa Postur Kerja dalam Sistem Manusia Mesin untuk Mengurangi Fatigue Akibat Kerja pada Bagian Air Traffic Control (ATC) di PT. Angkasa Pura II Polonia Medan*

2.4.2.2 Batang Tubuh (*Trunk*)

Penilaian terhadap batang tubuh (*trunk*), merupakan penilaian terhadap sudut yang dibentuk tulang belakang tubuh saat melakukan aktivitas kerja dengan kemiringan yang sudah diklasifikasikan.

Adapun klasifikasi kemiringan batang tubuh saat melakukan aktivitas kerja dapat dilihat pada berikut:



Gambar 2.6 Postur Bagian Batang Tubuh (*Trunk*)

Sumber : Jurnal Farida Ariani, *Analisa Postur Kerja dalam Sistem Manusia Mesin untuk Mengurangi Fatigue Akibat Kerja pada Bagian Air Traffic Control (ATC) di PT. Angkasa Pura II Polonia Medan*

Skor penilaian bagian batang tubuh (*trunk*) dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2.9 Skor Bagian Batang Tubuh (*Trunk*)

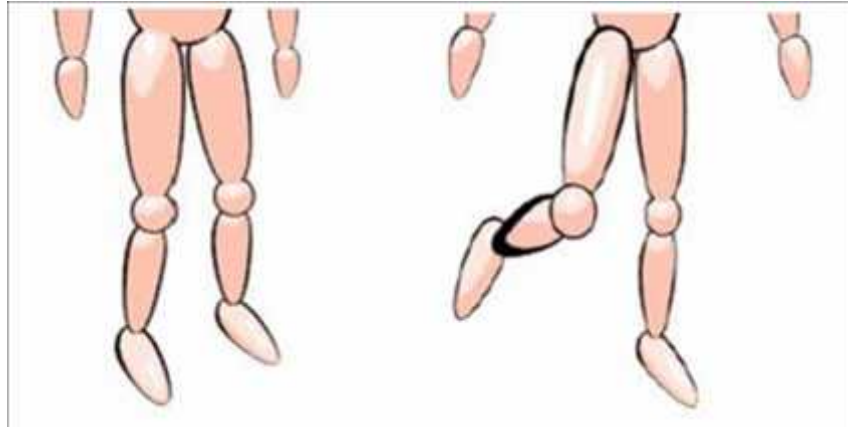
Pergerakan	Skor	Skor Perubahan
Posisi Normal (90^0)	1	+1 Jika leher berputar /bengkok +1 Jika batang tubuh bungkuk
0^0 - 20^0	2	
20^0 - 60^0	3	
$>60^0$	4	

Sumber : Jurnal Farida Ariani, *Analisa Postur Kerja dalam Sistem Manusia Mesin untuk Mengurangi Fatigue Akibat Kerja pada Bagian Air Traffic Control (ATC) di PT. Angkasa Pura II Polonia Medan*

2.4.2.3 Kaki (*Legs*)

Penilaian terhadap kaki (*legs*) adalah penilaian yang dilakukan terhadap posisi kaki pada saat melakukan aktivitas kerja apakah operator bekerja dengan posisi normal (seimbang) atau bertumpu pada satu kaki lurus.

Adapun posisi kaki dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 2.7 Posisi Kaki (*Legs*)

Sumber : Jurnal Farida Ariani, *Analisa Postur Kerja dalam Sistem Manusia Mesin untuk Mengurangi Fatigue Akibat Kerja pada Bagian Air Traffic Control (ATC) di PT. Angkasa Pura II Polonia Medan*

Skor penilaian untuk kaki (*legs*) dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2.10 Skor Bagian kaki (*legs*)

Pergerakan	Skor
Posisi Normal (seimbang)	1
Tidak seimbang	2

Sumber : Jurnal Farida Ariani, *Analisa Postur Kerja dalam Sistem Manusia Mesin untuk Mengurangi Fatigue Akibat Kerja pada Bagian Air Traffic Control (ATC) di PT. Angkasa Pura II Polonia Medan*

Nilai dari skor postur tubuh leher, batang tubuh, dan kaki dimasukkan ke Tabel berikut untuk mengetahui skornya.

Tabel 2.11 Skor Grup B *Trunk Posture Score*

Neck	<i>Trunk Posture Score</i>											
	1		2		3		4		5		6	
	<i>Legs</i>		<i>Legs</i>		<i>Legs</i>		<i>Legs</i>		<i>Legs</i>		<i>Legs</i>	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1	1	3	2	3	3	4	5	5	6	6	7	7
2	2	3	2	3	4	5	5	5	6	7	7	7
3	3	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	7
4	5	5	5	6	6	7	7	7	7	7	8	8
5	7	7	7	7	7	8	8	8	8	8	8	8
6	8	8	8	8	8	8	8	9	9	9	9	9

Sumber : Jurnal Farida Ariani, *Analisa Postur Kerja dalam Sistem Manusia Mesin untuk Mengurangi Fatigue Akibat Kerja pada Bagian Air Traffic Control (ATC) di PT. Angkasa Pura II Polonia Medan*

2.4.2.4 Penambahan Skor Aktivitas

Setelah diperoleh hasil skor untuk postur tubuh grup B pada Tabel 2.10, maka hasil skor tersebut ditambahkan dengan skor aktivitas. Penambahan skor aktivitas tersebut berdasarkan kategori yang dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 2.12 Skor Aktivitas

	Skor	Keterangan
Postur statik	1	satu atau lebih bagian tubuh statis atau diam
Pengulangan	+1	Tindakan dilakukan berulang-ulang lebih dari 4 kali permenit

Sumber : Jurnal Farida Ariani, *Analisa Postur Kerja dalam Sistem Manusia Mesin untuk Mengurangi Fatigue Akibat Kerja pada Bagian Air Traffic Control (ATC) di PT. Angkasa Pura II Polonia Medan*

2.4.2.5 Penambahan Skor Beban

Setelah diperoleh hasil penambahan dengan skor aktivitas untuk postur tubuh grup B pada Tabel 2.11, maka hasil skor tersebut ditambahkan dengan skor beban. Penambahan skor beban tersebut berdasarkan kategori yang dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2.13 Skor Beban

Beban	Skor	Keterangan
< 2 Kg	0	-
2 Kg - 10 Kg	1	+1 Jika postur statis dan dilakukan berulang-ulang
> 10 Kg	3	-

Sumber : Jurnal Farida Ariani, *Analisa Postur Kerja dalam Sistem Manusia Mesin untuk Mengurangi Fatigue Akibat Kerja pada Bagian Air Traffic Control (ATC) di PT. Angkasa Pura II Polonia Medan*

Untuk memperoleh skor akhir, skor yang diperoleh untuk postur tubuh grup A dan grup B dikombinasikan ke tabel berikut:

Tabel 2.14 *Grand Total Score Table*

Score Group A	Score Group B						
	1	2	3	4	5	6	7
1	1	2	3	3	4	5	5
2	2	2	3	4	4	5	5
3	3	3	3	4	4	5	6
4	3	3	3	4	4	5	6

Sumber : Jurnal Farida Ariani, *Analisa Postur Kerja dalam Sistem Manusia Mesin untuk Mengurangi Fatigue Akibat Kerja pada Bagian Air Traffic Control (ATC) di PT. Angkasa Pura II Polonia Medan*

Tabel 2.14 *Grand Total Score Table*

Score Group A	Score Group B						
	1	2	3	4	5	6	7
5	4	4	4	5	6	7	7
6	4	4	5	6	6	7	7
7	5	5	6	6	7	7	7
8	5	5	6	7	7	7	7

Sumber : Jurnal Farida Ariani, *Analisa Postur Kerja dalam Sistem Manusia Mesin untuk Mengurangi Fatigue Akibat Kerja pada Bagian Air Traffic Control (ATC) di PT. Angkasa Pura II Polonia Medan*

Hasil skor dari Tabel 2.14 tersebut diklasifikasikan ke dalam beberapa kategori level resiko pada tabel berikut :

Tabel 2.15 Kategori Tindakan RULA

Score	Level resiko	Tindakan
1-2	Minimum	Aman
3-4	Kecil	Diperlukan Beberapa waktu Kedepan
5-6	Sedang	Tindakan dalam waktu dekat
7	Tinggi	Tindakan sekarang juga

Sumber : Jurnal Farida Ariani, *Analisa Postur Kerja dalam Sistem Manusia Mesin untuk Mengurangi Fatigue Akibat Kerja pada Bagian Air Traffic Control (ATC) di PT. Angkasa Pura II Polonia Medan*

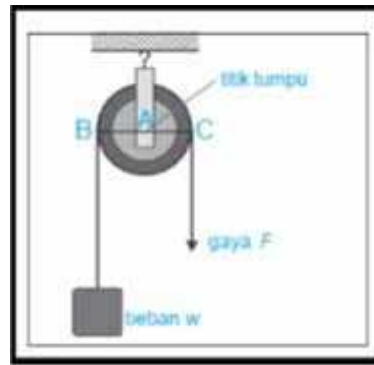
2.5 Katrol dan Jenis-jenisnya

Katrol merupakan suatu alat yang berbentuk roda dan biasanya mempunyai lekukan pada bagian luar sebagai lintasan tali. Katrol ini berfungsi untuk membantu kita untuk mengangkat benda yang berat menjadi terasa lebih ringan. Fungsi katrol hampir sama dengan roda gigi pada mesin atau kendaraan. Katrol berfungsi untuk membelokkan gaya sehingga berat beban tetap sama dengan gaya kuasanya tetapi, dapat dilakukan dengan mudah (Kanginan, 2006). Adapun jenis-jenis katrol diantaranya adalah:

1. Katrol Tetap

Katrol Tetap adalah katrol yang dipasang pada satu titik tertentu secara tetap, contoh penggunaan katrol tetap adalah pada sumur. Katrol pada sumur

dipasang secara tetap sehingga disebut sebagai katrol tetap. Berikut ini adalah gambar dari katrol tetap (Kanginan, 2006).



Gambar 2.8 Katrol Tetap

Keuntungan mekanik katrol tetap = 1, artinya, gaya tarik yang diberikan oleh operator saat mengangkat beban harus sama dengan gaya berat beban tersebut.

$$F_k \cdot l_k = w \cdot l_b$$

Angka 1 pada keuntungan mekanik katrol tetap didapatkan dari persamaan berikut

$$L_k = AC$$

$$L_b = AB$$

$$L_k = l_b$$

$$F_k = w$$

$$KM = \frac{w}{f_k} = \frac{l_k}{l_b} = \frac{AB}{AC} = 1$$

Keterangan

L_k = lengan kuasa

L_b = lengan beban

F_k = gaya katrol

w = gaya berat

Rumus fisika yang berlaku pada katrol tetap adalah :

a. Percepatan (a)

$$a = (W_a - W_b) / (M_a + M_b)$$

b. Tegangan (T)

$$T = (2M_a \cdot W_b) / (M_a + M_b) \text{ ----> } W_b = M_b \cdot g$$

atau

$$T = (2M_b \cdot W_a) / (M_a + M_b) \text{ ----> } W_a = M_a \cdot g$$

Keterangan :

a = Percepatan

T = Tegangan tali

Ma = Massa benda A

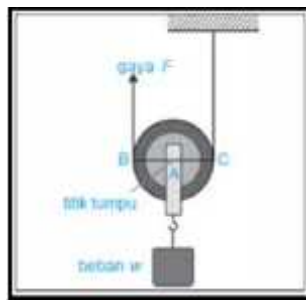
Mb = Massa benda B

Wa = Gaya berat pada benda A

Wb = Gaya berat pada benda B

2. Katrol Bebas

Katrol bebas (bergerak) adalah katrol yang dipasang tetapi posisinya bisa berubah-ubah sesuai operasi kerjanya. Misalnya pada sebuah tali yang ditambang secara tetap kemudian di pasang katrol, maka katrol tersebut akan bergerak sesuai sisi mana tali tersebut lebih rendah. Berikut ini adalah gambar katrol bebas (Kanginan, 2006)



Gambar 2.9 Gambar katrol bebas

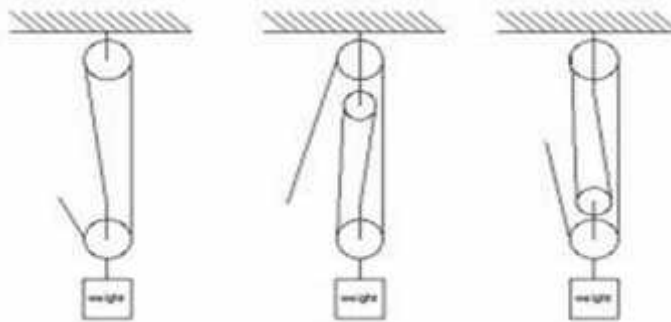
Sehingga keuntungan mekanik pada katrol bebas lebih banyak yaitu bernilai 2. Artinya, gaya tarik yang diberikan untuk mengangkat beban pada tali akan lebih ringan karena didistribusikan pada tali yang mengitari katrol. Berikut ini adalah rumus dari keuntungan mekanik katrol bergerak.

$$KM = \frac{w}{Fk} = \frac{lk}{lb} = 2$$

3. Katrol Majemuk

Katrol Majemuk adalah gabungan dari katrol tetap dan katrol bebas. penggunaan katrol yang lebih dari satu yang berfungsi untuk mendapatkan kondisi kerja yang diharapkan. Istilah lain untuk katrol majemuk adalah *takal*.

Keuntungan mekanik takal adalah sama dengan banyak tali penanggung beban. Semakin banyak jumlah tali, maka gaya angkat akan dirasakan semakin ringan. Berikut ini adalah contoh katrol gabungan antara katrol tetap dan katrol bergerak (majemuk) (Kanginan, 2006).



Gambar 2.10 Katrol Majemuk

2.6 Roda Gigi (Gear)

Gear merupakan pesawat sederhana yang dipergunakan untuk memperbesar gaya atau jarak. Seberapa besar gaya atau jarak yang dihasilkan, hal ini bergantung pada ukuran roda. Semakin besar diameter roda, maka semakin besar pula jarak yang ditempuhnya dan semakin besar pula gaya yang dikeluarkan untuk menggerakkan *gear* (Kanginan, 2006).



Gambar 2.11 *Gear*

Pada umumnya, aplikasi *gear* digunakan pada sepeda dan mesin sederhana lainnya yang prinsip kerjanya dengan cara dikayuh, sehingga terjadi interaksi antara satu *gear* dengan yang lainnya. Berikut ini adalah gambar dari benda kerja yang memanfaatkan penerapan *gear*.



Gambar 2.12 Aplikasi Gear

2.7 Kesetimbangan Statik benda tegar

Jika sebuah benda sedang diam dan tetap diam, benda dikatakan dalam kesetimbangan statis. Menentukan gaya-gaya yang bekerja pada benda dalam kesetimbangan statik mempunyai banyak penerapan, terutama di bidang teknik. Berikut ini adalah syarat untuk kesetimbangan gaya neto yang bekerja pada partikel tersebut adalah nol. Pada kondisi ini, partikel tidak dipercepat, dan jika kecepatan awalnya nol, maka partikel tetap diam. Karena percepatan massa sebuah benda sama dengan gaya neto yang bekerja pada benda dibagi dengan masa total benda, maka syarat ini juga berlaku untuk benda tegar yang berada dalam kesetimbangan. Namun walaupun pusat massa sebuah benda diam, benda dapat berputar. Jadi torsi neto terhadap pusat massa sama dengan nol. Jadi agar kesetimbangan static terjadi, maka torsi neto yang bekerja pada sebuah benda harus nol terhadap setiap titik (Tipler, 1998).

2.8 Pusat Berat

Pusat berat adalah titik dimana berat total sebuah benda bekerja hingga torsi yang dihasilkannya terhadap sembarang titik sama dengan torsi yang dihasilkan oleh masing-masing partikel yang membentuk benda tersebut. Bila dua atau lebih gaya sejajar bekerja pada sebuah benda, maka mereka dapat diganti oleh sebuah gaya tunggal ekuivalen yang sama dengan jumlah gaya-gaya itu dan dikerjakan pada sebuah titik sedemikian hingga torsi yang dihasilkan gaya ekuivalen tunggal itu sama dengan torsi neto yang dihasilkan oleh gaya-gaya semula (Tipler, 1998).

2.9 Klasifikasi Beban

Gaya-gaya luar atau gaya-gaya yang bekerja pada struktur suatu pesawat pengangkat dapat diklasifikasikan sebagai gaya kontak atau permukaan (*surface force*), misalnya tarikan atau dorongan dan gaya tidak kontak (*body force*) misalnya tarikan gravitasi bumi pada semua benda. Gaya permukaan bekerja pada suatu titik atau didistribusikan menyebar melalui volume suatu benda (Zainuri, 2010).

Semua gaya yang bekerja pada benda termasuk gaya reaksi oleh tumpuan dan gaya dianggap sebagai gaya luar (*external force*). Gaya internal adalah gaya yang bersama partikel benda terjadi sebagai akibat reaksi terhadap gaya luar yang bekerja pada suatu benda, misalnya tegangan geser, deformasi dan sebagainya (Zainuri, 2010).

Beban sebagai gaya luar yang bekerja pada pesawat pengangkat dapat juga diklasifikasikan sebagai beban statis (*statis load*) dan beban dinamis (*dynamic load*). Beban statis bekerja secara perlahan, meningkat secara bertahap dimulai dari 0 ke nilai maksimumnya. Beban statis bisa jadi tetap, artinya gaya, torsi, momen atau kombinasi beban ini yang bekerja tidak berubah, baik itu besar, arah ataupun titik kerjanya. Sebaliknya beban dinamis bekerja secara tiba-tiba mengakibatkan getaran pada *frame* pesawat angkat mungkin berubah arah terhadap fungsi waktu (Zainuri, 2010).